

PCT/JP03/13271

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

16.10.03

RECEIVED

04 DEC 2003

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載さ  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 3 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 2 6 5 4 0  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 2 6 5 4 0]

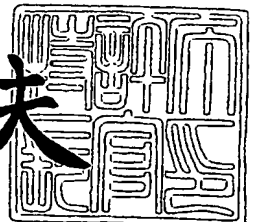
出 願 人  
Applicant(s): 三 菱 住 友 シ リ コ ン 株 式 会 社

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 6 3 9 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 J99252A1

【提出日】 平成15年 2月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明の名称】 検査方法、解析片の製作方法、解析方法、解析装置、S  
O I ウェーハの製造方法、およびS O I ウェーハ

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式  
会社内

【氏名】 大久保 晶

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式  
会社内

【氏名】 近藤 英之

【特許出願人】

【識別番号】 302006854

【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100117189

【弁理士】

【氏名又は名称】 江口 昭彦

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100120396

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉浦 秀幸

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0203673

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 検査方法、解析片の製作方法、解析方法、解析装置、SOIウェーハの製造方法、およびSOIウェーハ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査体に形成されている絶縁性を有する母材に内在している導電体を測定して被検査体の内部状態を検査する検査方法において、

前記母材の検査部分の表面にイオンまたは電子を照射して、前記表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行うとともに、前記検査部分をエッチングし、エッチングされた深さだけ順次更新された下部の表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行って、

蓄積された前記表面画像に基づいて前記母材に内在する前記導電体を測定して被検査体の内部状態を検査することを特徴とする検査方法。

【請求項2】 請求項1に記載された検査方法であって、

前記表面のエッチングがイオンビームで行われ、エッチングと前記表面画像の撮影とが同時に行われることを特徴とする検査方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載された検査方法であって、

前記被検査体がSOIウェーハで、前記母材が埋め込みシリコン酸化膜で、前記導電体が欠陥であることを特徴とする検査方法。

【請求項4】 請求項1から請求項3のいずれかに記載された検査方法であって、

前記被検査体がSIMOX技術で作製されたSOIウェーハであることを特徴とする検査方法。

【請求項5】 請求項1から請求項4のいずれかに記載された検査方法を利用した解析片の製作方法であって、

前記表面画像に基づいて前記母材に内在する任意の前記導電体を特定し、特定された該導電体の少なくとも一部を含む薄膜の解析領域が形成されるように、該解析領域となる前記母材を深さ方向に残し該解析領域以外となる前記母材をエッチングして、前記解析領域を有する解析片を製作することを特徴とする解析片の

製作方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載された解析片の製作方法により製作された解析片を利用した解析方法であって、

前記解析片に含まれている前記導電体を観察して、前記導電体の状態を解析することを特徴とする解析方法。

【請求項 7】 請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載された検査方法を利用した解析方法であって、

蓄積された前記表面画像から前記導電体の三次元分布を解析することを特徴とする解析方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載された解析方法に用いられる解析装置であって、

前記被検査体が載置されるステージと、前記被検査体に照射されるイオンビームを発生させるイオン源と、イオンビームを収束および走査させるためのビーム制御手段と、前記被検査体から放出された 2 次電子を検出する 2 次電子検出手段と、イオン源およびビーム制御手段を制御する制御システムと、前記 2 次電子検出手段の検出結果を前記表面画像として撮影する撮影システムと、蓄積された前記表面画像から前記導電体の三次元分布を解析する解析手段とを備えていることを特徴とする解析装置。

【請求項 9】 請求項 6 または請求項 7 に記載された解析方法を利用した S O I ウェーハの製造方法であって、

解析された前記導電体の状態または三次元分布をフィードバックさせて特定された製造条件によって製造することを特徴とする S O I ウェーハの製造方法。

【請求項 10】 請求項 9 に記載された S O I ウェーハの製造方法によって製造されたことを特徴とする S O I ウェーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、基板などの被検査体の絶縁性を有する母材に内在している導電体を測定して被検査体の内部状態を検査する検査方法に関し、とくに S O I ウェー

ハ内の埋め込みシリコン酸化膜に内在している欠陥を測定する検査方法に関し、この検査方法に基づいた解析片の製作方法、解析方法、および解析装置、並びに S O I ウェーハの製造方法および S O I ウェーハに関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般に、絶縁膜である埋め込みシリコン酸化 ( $\text{SiO}_2$ ) 膜 (BOX層と呼ばれる) の上にシリコン (Si) 単結晶薄膜 (S O I 層と呼ばれる) を形成した S O I (Silicon On Insulator) ウェーハは、基板 (被検査体) とデバイス作製層である S O I 層とが電氣的に分離しているため、高い絶縁耐圧が得られるもので、寄生容量が低く、耐放射線能力が大きいと共に基板バイアス効果が無い等の特徴がある。このため、高速性、低消費電力、ソフトエラーフリー等の効果が期待され、次世代素子用の基板として種々の開発が行われている。

#### 【0003】

この S O I ウェーハの作製技術として代表的なものに、いわゆるウェーハ貼り合わせ技術と S I M O X (Separation by Implanted OXygen) 技術とがある。ウェーハ貼り合わせ技術は、2枚のウェーハの片方又は両方に酸化膜を形成しておき、酸化膜を間に2枚のウェーハを貼り合わせるもので、貼り合わせは、2枚のウェーハを機械的に密着させて熱処理することにより行い、S O I 層は、貼り合わせたウェーハを研削及び研磨により鏡面加工して作製される。ウェーハ貼り合わせによる S O I 層の結晶性はバルクシリコンウェーハと同等であるため、欠陥等の問題が少なく、S O I 層に形成するデバイスの特性に優れている。

#### 【0004】

このような S O I ウェーハの S O I 層に内在する欠陥密度などの評価方法として、S O I ウェーハをアルカリ系洗浄液で洗浄してフッ酸溶液に浸漬し、欠陥によるエッチビットを拡大した後に測定を行い評価する方法 (例えば、特許文献1参照。)、S O I 基板とバルク Si ウェーハとを貼合せた後に表面 Si 層のみをバルク Si ウェーハ側に残し、バルク Si ウェーハを表面 Si 層側から選択エッチング液を用いてエッチングすることで結晶欠陥を顕在化させて評価する方法 (例えば、特許文献2参照。) などが提案されている。

## 【0005】

また、SIMOX技術は、シリコン基板に酸素をイオン注入し、Ar（アルゴン）／O<sub>2</sub>（酸素）の雰囲気ガス中で高温熱処理することにより、酸素が過飽和に含まれている領域をBOX層に変換（Siに酸素イオンが注入されてSiO<sub>2</sub>を形成）するもので、BOX層上にSOI層が残りSOIウェーハ（SIMOXウェーハ）が形成される技術である。このSIMOX技術は、ウェーハ貼り合わせ技術のように研削・研磨の工程が不要であり、比較的簡便な工程で作製することができるという利点を有している。

## 【0006】

しかし、SIMOX技術では、高温熱処理によりシリコン基板内部にBOX層を形成する際、部分的に酸素がイオン注入されずに酸化されないシリコン状態のままである多数の箇所が、欠陥として発生してしまうという課題がある。このようなBOX層中の欠陥について、その密度などを評価する方法として、HF液を用いて熱酸化膜を除去した後にTMAH液を用いてエッチングを行うことで、SOI層がエッチングされるとともにBOX層中の欠陥がエッチングされてエッチビットとなり、このエッチビットを測定する欠陥の評価方法（例えば、特許文献3参照。）が提案されている。

## 【0007】

また、BOX層を含むの任意の箇所より薄膜形状の断面を有する解析片を製作し、この解析片のTEM（透過型電子顕微鏡）像の観察などから、欠陥の形状や種類などを解析する欠陥の解析方法が知られている。

## 【0008】

## 【特許文献1】

特開平11-74493号公報（第3図）

## 【特許文献2】

特開平11-87450号公報（第1図）

## 【特許文献3】

特開2000-31225号公報（第1図）

## 【0009】

**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記欠陥の評価方法による S I M O X ウェーハの検査では、直接的に欠陥を測定するのではなくて欠陥に起因するエッチビットを測定している、つまり間接的な測定であるので、正確な検査を行うことができないという問題があった。しかも、B O X 層を貫通していたり、S O I 層に接触している状態となっている欠陥しかエッチングされないので、B O X 層の内部に位置する欠陥はエッチングされずに測定することができない。つまり、B O X 層の内部に三次元的に位置する欠陥を測定することができずに、これによっても検査の正確性が低下してしまうのである。

**【0010】**

また、上記欠陥の解析方法では、B O X 層の任意の箇所から解析片を加工するため、欠陥の密度が高い場合には解析片の中に欠陥が含まれる確率が高いが、欠陥の密度が低くなると解析片の中に欠陥が含まれる確率が低くなり、このような解析片の観察に基づいた欠陥の解析作業は著しく効率が悪いという問題があった。このように従来は、欠陥の正確な検査ができないこと、または効率的な解析ができないことにより、欠陥の発生を減少させる製造方法の条件を特定することが困難であり、欠陥が少なくて高品質な S I M O X ウェーハを製造することができなかった。同様に、ウェーハ貼り合わせ技術により作製された S O I ウェーハにおいても、欠陥を正確に評価する手法が確立していなかった。

**【0011】**

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたもので、S O I ウェーハ（被検査体）内の埋め込みシリコン酸化膜（母材）に内在している欠陥（導電体）を正確に測定することのできる検査方法を提供し、この検査方法を利用した解析片の製法、欠陥の解析方法および欠陥の解析装置を提供し、欠陥の少ない高品質な S I M O X ウェーハの製造方法および S I M O X ウェーハを提供することを目的とする。

**【0012】****【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。



本発明に係る検査方法は、被検査体に形成されている絶縁性を有する母材に内在している導電体を測定して被検査体の内部状態を検査する検査方法において、前記母材の検査部分の表面にイオンまたは電子を照射して、前記表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行うとともに、前記検査部分をエッチングし、エッチングされた深さだけ順次更新された下部の表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行って、蓄積された前記表面画像に基づいて前記母材に内在する前記導電体を測定して被検査体の内部状態を検査することを特徴とする。

#### 【0013】

この発明の検査方法では、母材の検査部分の表面にイオンまたは電子を照射して、表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行うとともに、検査部分をエッチングし、エッチングされた深さだけ順次更新された下部の表面および表面付近から放出される2次電子による表面画像の撮影を行って、深さデータごとに順次蓄積された前記表面画像に基づいて前記母材に内在する前記導電体を測定して被検査体の内部状態を検査するので、連続的に撮影される表面に対して、深さ方向へは連続的ではなくエッチングされた深さ間隔ごとに、断続的に2次電子の撮影が行われる。つまり、絶縁性を有する母材の内部に位置する導電体を直接的に測定することができるのである。これにより、正確に被検査体の内部状態を検査することができる。また、深さ間隔（エッチレート）を設定することで所望の精度の検査結果を得ることができる。

#### 【0014】

また、本発明に係る検査方法は、上述した検査方法であって、前記表面のエッチングがイオンビームで行われ、エッチングと前記表面画像の撮影とが同時に行われることを特徴とする。

この発明の検査方法では、表面のエッチングがイオンビームで行われ、エッチングと表面画像の撮影とが同時に行われる、つまり、エッチングを行うイオンビームによる2次電子の放出を検出して表面画像の撮影が行われるので、エッチングと表面画像の撮影との間で被検査体を移動させることなく被検査体の検査が行われる。これにより、検査時間を短縮することができるとともに、常に固定され

ている被検査体を検査することによって正確な検査結果を得ることができる。

#### 【0015】

また、本発明に係る検査方法は、上述した検査方法であって、前記被検査体がSOIウェーハで、前記母材が埋め込みシリコン酸化膜で、前記導電体が欠陥であることが好ましい。

この発明の検査方法では、被検査体がSOIウェーハで、母材が埋め込みシリコン酸化膜で、導電体が欠陥であるので、SOIウェーハの絶縁膜である埋め込みシリコン酸化膜に内在している導電性を有した欠陥の測定が行われる。これにより、従来は間接的に測定されていた欠陥を、直接的に測定することができる。また、従来は測定することのできなかった埋め込みシリコン酸化膜の内部に位置する欠陥を、三次元的に測定することができる。したがって、従来より正確にSOIウェーハの検査を行うことができる。

#### 【0016】

また、本発明に係る検査方法は、上述した検査方法であって、前記被検査体がSIMOX技術で作製されたSOIウェーハであることが好ましい。

この発明の検査方法では、被検査体がSIMOX技術で作製されたSOIウェーハであるので、SIMOXウェーハの埋め込みシリコン酸化膜の内部に多く発生していた欠陥が正確に測定され、SIMOXウェーハの検査の正確性を向上させることができる。

#### 【0017】

また、本発明に係る解析片の製作方法は、上述したいずれかの検査方法を利用した解析片の製作方法であって、前記表面画像に基づいて前記母材に内在する任意の前記導電体を特定し、特定された該導電体の少なくとも一部を含む薄膜の解析領域が形成されるように、該解析領域となる前記母材を深さ方向に残し該解析領域以外となる前記母材をエッチングして、前記解析領域を有する解析片を製作することを特徴とする。

#### 【0018】

この発明の解析片の製作方法では、表面画像に基づいて母材に内在する任意の導電体を特定し、特定された導電体の少なくとも一部を含む所定の幅の薄膜形状

となる解析領域が形成されるように、解析領域となる母材を深さ方向に残し解析領域以外となる母材をエッチングして、解析領域を有する解析片を製作するので、確実に解析領域の内部に導電体の少なくとも一部を内在させて解析片が製作される。つまり、従来は導電体の位置を特定することなく任意に解析領域を形成していたので、確実に解析領域に導電体を内在させることができなかったが、上記検査方法を利用して導電体を特定した後に解析領域を形成するので、確実に導電体が解析領域に内在する解析片が製作されるのである。また、解析領域の形成を上記検査方法に用いられているイオンビームによって行うことにより、検査と解析片の製作とを同一の装置で行うことができ、被検査体の検査から解析片の製作までの作業を一連で短時間に行うことができるとともに、特定された導電体をより確実に解析片に内在させることができる。これにより、解析片の製作コストを低減させることができ、解析片の製作効率を向上させることができる。

#### 【0 0 1 9】

また、本発明に係る解析方法は、上述した解析片の製作方法により製作された解析片を利用した解析方法であって、前記解析片に含まれている前記導電体を観察して、前記導電体の状態を解析することを特徴とする。

この発明の解析方法では、解析片に含まれている導電体を観察して、導電体の状態を解析するので、確実に導電体を観察することができ、効率良く導電体の状態を解析することができる。たとえば、解析片の解析領域となる薄膜を  $0.5 \mu\text{m}$  以下の厚みに形成して TEM 像による観察を行い、導電体の形状や種類を解析することができる。

#### 【0 0 2 0】

また、本発明に係る解析方法は、上述したいずれかの検査方法を利用した解析方法であって、蓄積された前記表面画像から前記導電体の三次元分布を解析することを特徴とする。

この発明の解析方法では、蓄積された表面画像から導電体の三次元分布を解析するので、導電体が発生しやすい傾向のある箇所を三次元的に特定することができる。たとえば、SIMOX ウェーハの埋め込みシリコン酸化膜に内在している欠陥の三次元分布に基づいて、欠陥の発生が酸素のイオン注入不足によるもので

あるのかなどを解析することができる。

#### 【0021】

また、本発明に係る解析装置は、上述した解析方法に用いられる解析装置であって、前記被検査体が載置されるステージと、前記被検査体に照射されるイオンビームを発生させるイオン源と、イオンビームを収束および走査させるためのビーム制御手段と、前記被検査体から放出された2次電子を検出する2次電子検出手段と、イオン源およびビーム制御手段を制御する制御システムと、前記2次電子検出手段の検出結果を前記表面画像として撮影する撮影システムと、蓄積された前記表面画像から前記導電体の三次元分布を解析する解析手段とを備えていることを特徴とする。

#### 【0022】

この発明の解析装置では、被検査体が載置されるステージと、被検査体に照射されるイオンビームを発生させるイオン源と、イオンビームを収束および走査させるためのビーム制御手段と、被検査体から放出された2次電子を検出する2次電子検出手段と、イオン源およびビーム制御手段を制御する制御システムと、2次電子検出手段の検出結果を表面画像として撮影する撮影システムと、蓄積された表面画像から導電体の三次元分布を解析する解析手段とを備えているので、解析手段によって導電体の三次元分布が解析される。たとえば、従来より用いられている2次元的な表面画像の撮影システムに、順次得られるエッチングされた深さだけ更新された表面画像を蓄積させるとともに、蓄積された表面画像から三次元分布を解析する解析手段を備えるだけで、このような三次元分布を解析することができる。

#### 【0023】

また、本発明に係るSOIウェーハの製造方法は、上述した解析方法を利用したSOIウェーハの製造方法であって、解析された前記導電体の状態または三次元分布をフィードバックさせて特定された製造条件によって製造することを特徴とする。

この発明のSOIウェーハの製造方法では、解析された導電体の状態または三次元分布をフィードバックさせて特定された製造条件によってSOIウェーハを

製造するので、製造条件の異なる被検査体を正確に効率良く解析して導電体が少なくなる製造条件を特定することができる。これにより、埋め込みシリコン酸化膜に内在する欠陥の少ないSOIウェーハを製造することができる。

#### 【0024】

また、本発明に係るSOIウェーハは、上述したSOIウェーハの製造方法によって製造されたことを特徴とするので、欠陥が少なく高品質で、各種特性に優れている。

#### 【0025】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態について説明する。

図1は、基板試料（被検査体）を検査するFIB（収束イオンビーム）装置の概略構成図で、FIB装置は、SIM（走査型イオン顕微鏡）像の撮影、TEMのサンプルの作製、またはフォトマスクの欠陥修正などに使用される装置である。FIB装置1は、基板試料2が載置される試料ステージ3と、基板試料2に照射されるイオンビームBを発生させるイオン源4と、イオンビームBを収束および走査させるためのビーム制御手段5と、基板試料2から放出された2次電子を検出する2次電子検出器6と、イオン源4およびビーム制御手段5を制御する制御システム7と、2次電子検出器6の検出結果を表面画像として撮影する撮影システム8と、蓄積された表面画像から導電体の三次元分布を解析する解析手段9とを備えて構成されている。ビーム制御手段5は、コンデンサレンズやXYデフレクタなどを備えており、イオンビームBの収束点を基板試料2のZ方向に制御し、イオンビームBを測定部分のXY方向に走査制御する装置である。

#### 【0026】

上述したようなFIB装置1による基板試料2の検査は、約 $10^4$ Pa以下の真空の雰囲気とされたチャンバー内で行われ、イオンビームBとしてはGa<sup>+</sup>イオンが用いられる。基板試料2としては、ウェーハ貼り合わせ技術またはSIMOX技術などで作製されたSOIウェーハが用いられ、図2（a）に示すようなシリコン基板10の上面にBOX層（埋め込みシリコン酸化膜）11が形成され、BOX層11の上面にSOI層（シリコン単結晶薄膜）12が形成されている。

。また、基板試料 2 は S O I 層 1 2 を上方に向けて試料ステージ 3 に載置され、検査の前段階において、図 2 (b) に示すように B O X 層 1 1 の検査部分の上面の S O I 層 1 2 が除去されて、B O X 層 1 1 の表面 1 1 a が露出される。

#### 【0027】

基板試料 2 の検査において、イオン源 4 から基板試料 2 に向けて照射されたイオンビーム B はビーム制御手段 5 によって制御され、イオンビーム B によって B O X 層 1 1 の表面 1 1 a がエッチングされる。このときにエッチングされる B O X 層 1 1 のエッチレート、つまり時間当たりのエッチング量は、イオンビーム B の加速電圧および電流密度によって決定され、たとえば加速電圧が 30 keV、イオンビーム電流値が 320 pA、イオンビーム径が 54 nm の場合に、約 15 nm/分のエッチレートでエッチングされる。そして、エッチングの際に B O X 層 1 1 から放出された 2 次電子が、2 次電子検出器 6 によって検出される。このとき、シリコン酸化膜（母材）よりシリコン（導電体）が放出する 2 次電子が多いので、B O X 層 1 1 に内在している欠陥（酸化されずに島のように点在しているシリコンの塊、以下シリコン島という）が測定される。つまり、2 次電子検出器 6 からの検出結果が撮影システム 8 によって S I M 像（表面画像）とされ、暗い B O X 層 1 1 の内部でシリコン島が光るような S I M 像が撮影されるのである。このときの S I M 像の解像度はイオンビーム B の電流値によって決定され、たとえば 80 pA の場合に約 50 nm の解像度が得られる。また、イオンビーム B によって表面 1 1 a だけから 2 次電子が放出されるのではなく、表面 1 1 a から若干 B O X 層 1 1 の内部に入った表面付近からも 2 次電子が放出され、S I M 像には表面 1 1 a および表面付近の情報も含まれている。

#### 【0028】

つぎに、図 2 (c) に示すように、エッチングされた B O X 層 1 1 の表面 1 1 b をイオンビーム B によってエッチングするとともに、2 次電子を検出して表面 1 1 b の S I M 像が撮影される。そして、図 2 (d) に示すように、シリコン基板 1 0 の表面 1 0 a が露出するまで、順次、B O X 層 1 1 のエッチングされた各表面の S I M 像が蓄積される。

#### 【0029】

このような基板試料 2 の検査方法によって、図 3 に概略的に示すように BOX 層 11 の各深さ位置における SIM 像 Z1 ~ Z4 が得られる。たとえば、SIM 像 Z1 (X-Y 平面) が表面 11a、SIM 像 Z2 が表面 11b に対応し、順次、厚み方向 (Z 方向) に断続的に蓄積された検査結果となっている。これにより、Z 方向に貫通しているシリコン島 (シリコン島像 S1) を測定できるだけでなく、表面 11a に露出していない BOX 層 11 の内部に位置するシリコン島 (シリコン島像 S2) や、Z 方向に大きさが異なるシリコン島 (シリコン島像 S3) を測定することができる。このように、直接的に測定するので、検査の正確性を向上させることができる。また、エッチング量を減少させて、SIM 像撮影を高頻度で行うことにより、Z 方向の検査情報の正確性をさらに向上させる事ができる。

#### 【0030】

また、検査は FIB 装置 1 によってエッチングと SIM 像の撮影とを同時に行うので、一台の装置で短時間で検査することができるとともに、エッチングと SIM 像の撮影との間で基板試料 2 を移動させる必要がなく、常に基板試料 2 が固定されているので、より正確な検査結果を得ることができる。

#### 【0031】

また、この検査方法は、基板試料 2 として SOI ウェーハのように BOX 層 11 とシリコン島との 2 次電子放出度が大きく異なる場合に有効で、とくに、シリコン島を多く包含する SIMOX ウェーハの検査に適している。

#### 【0032】

つぎに、上記検査方法を利用した解析片の製作方法について図 4 を用いて説明する。まず、図 4 (a) に示すように基板試料 2 の上方からイオンビーム B を照射して基板試料 2 の検査を行うと、図 4 (b) に示すように検査部分 13 がエッチングされる。そして、解析の対象となるシリコン島が特定されるまで検査部分 13 がエッチングされ、シリコン島を特定するとその表面にマーキング 14 を施す。つぎに、薄膜 (解析領域) 16 を形成するためにマーキングされた箇所を含み一定の厚み X となる領域 15 を特定し、厚み X が  $0.5 \mu\text{m}$  以下で残存するように領域 15 以外の部分をエッチングする。つまり、特定されたシリコン島が薄

膜 16 に内在するように、薄膜 16 の表裏面に位置する基板試料 2 の部分をエッチングによって除去し、図 4 (c) に示すような薄膜 16 の表裏面が基板試料 2 の側方に露出するように解析片 17 が製作されるのである。

#### 【0033】

このように、この解析片の製作方法によって確実に薄膜 16 にシリコン島が内在する解析片 17 を製作することができ、従来より解析作業の効率を向上させることができる。また、従来はシリコン島が内在しない解析片を製作してしまうなど、無駄となってしまう作業が多くて製作コストが高くなっていたが、この解析片の製作方法により低コストで解析片を製作することができる。

#### 【0034】

このように形成された解析片 17 は、TEM によって図 4 (c) に示す矢印 E の方向から電子が照射され、薄膜 16 に内在するシリコン島が撮影される。図 5 (a) および図 5 (b) に、エッチングされた基板試料 2 の SIM 像を示し、図 6 (a) に図 5 (a) の SIM 像に付されているライン L を基準とした断面における TEM 像を示し、図 6 (b) も同様に対応した図 5 (b) の TEM 像を示す。図 5 は、各辺が  $20\mu\text{m}$  で、SIM 像の中の黒いコントラストが BOX 層で、白いコントラストがシリコン島である。図 6 は、右下に示すスケールが  $0.05\mu\text{m}$  で、白いコントラストの BOX 層の中に影のようにシリコン島 S が現れている。また、このように形成された解析片 17 の TEM 像には、図 6 (a), (b) に示すように、必ずエッチングによるダメージ面 D が撮影されている。そして、撮影された TEM 像の観察より、欠陥の形状および内部状態、つまりシリコン島の形状や種類（単結晶またはポリ結晶）などの状態を解析することができる。

#### 【0035】

また、上述した検査方法によって得られた蓄積された SIM 像から解析装置 9 によってシリコン島の三次元分布を解析することができる。つまり、従来は SIM 像による X-Y 表面の解析しか行われなかったが、FIB 装置 1 に解析装置 9 を備えることで、X-Y 表面のデータに Z 方向のデータを組み合わせて三次元的なシリコン島の分布を解析することや、X-Y 表面以外の任意の断面の解析を行うことができるのである。



## 【0036】

このように、TEM像から得られる個々のシリコン島の状態に基づいたシリコン島の解析結果と、SIM像から得られるシリコン島の三次元分布に基づいた解析結果とを、SOIウェーハの製造条件にフィードバックさせることにより、シリコン島の発生を抑制することのできるSOIウェーハの製造条件を特定することができる。たとえば、SIMOXウェーハの場合には、シリコン島の三次元分布に基づいて、シリコン島の発生が多い傾向のある箇所への酸素のイオン注入量を増加させる際の、注入エネルギーの増加量などの条件を特定することができる。これにより、埋め込みシリコン酸化膜に内在するシリコン島の少ないSOIウェーハを製造することができる。また、この製造方法によって製造されたSOIウェーハは、精密でかつ高品質で、各種特性に優れている。また、SOIウェーハ製造の歩留まりを向上させることもできる。

## 【0037】

なお、本実施の形態においては、基板試料2としてSOIウェーハ、基板試料2に形成されている絶縁性を有する母材としてBOX層11を用いているが、この検査方法で用いることのできる母材として、窒化物、酸化物、および有機高分子などの一般的に絶縁性を有する材料であればよく、基板試料2としてガラス、セラミックス、および酸化物半導体などの基板を検査することができる。また、このような基板以外の被検査体として、レーザー結晶、SAW（表面弾性波素子）、フォトクロミックガラスや金属ナノ粒子含有カラーフィルターなどを用いることができ、これらの内部構造を検査することもできる。また、イオンビームBとしてGa<sup>+</sup>以外に、O<sup>+</sup>、Cs<sup>+</sup>、Ar<sup>+</sup>などを用いてもよく、2次電子を撮影する手段としてSEM、STEM、TEMを用いてもよく、エッチングを行う手段としてケミカルエッチングを用いてもよい。また、FIB装置1において、イオンビーム加速電圧が15～40keVの範囲で、イオンビーム電流値が3.6pA以上で、イオンビーム径が18nm以上であれば、良好にシリコン島を測定することができた。

## 【0038】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る検査方法によれば、母材の検査部分の表面にイオンまたは電子を照射して、表面および表面付近から放出される2次電子の撮影を行い、順次、検査部分をエッチングしつつ、エッチングされた表面および表面付近から放出される2次電子の撮影を行って、これらの蓄積された表面画像に基づいて母材に内在する導電体を測定して被検査体の内部状態を検査するので、母材に内在する導電体を直接的に測定することができる。これにより、三次元的に被検査体の内部状態を正確に検査することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態における検査方法に使用されるFIB装置の概略構成図である。

【図2】 被検査体の検査状況を模式的に示した説明図である。

【図3】 準三次元的な検査結果の概略図である。

【図4】 解析片の製作状況を示す概略図である。

【図5】 基板試料のSIM像である。

【図6】 図5に示されたSIM像に付されたラインを基準とした断面のTEM像である。

【符号の説明】

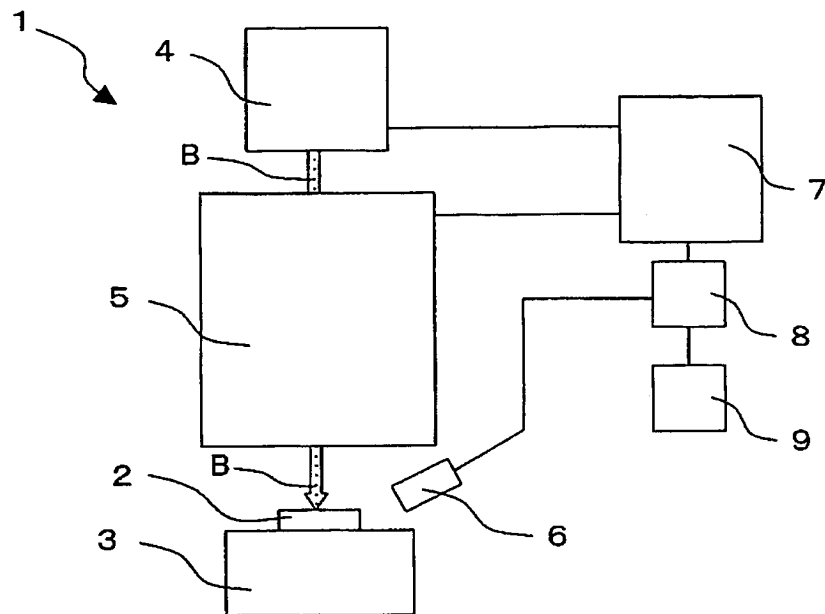
2 基板試料 (SOIウェーハ、基板、被検査体)

11a 表面

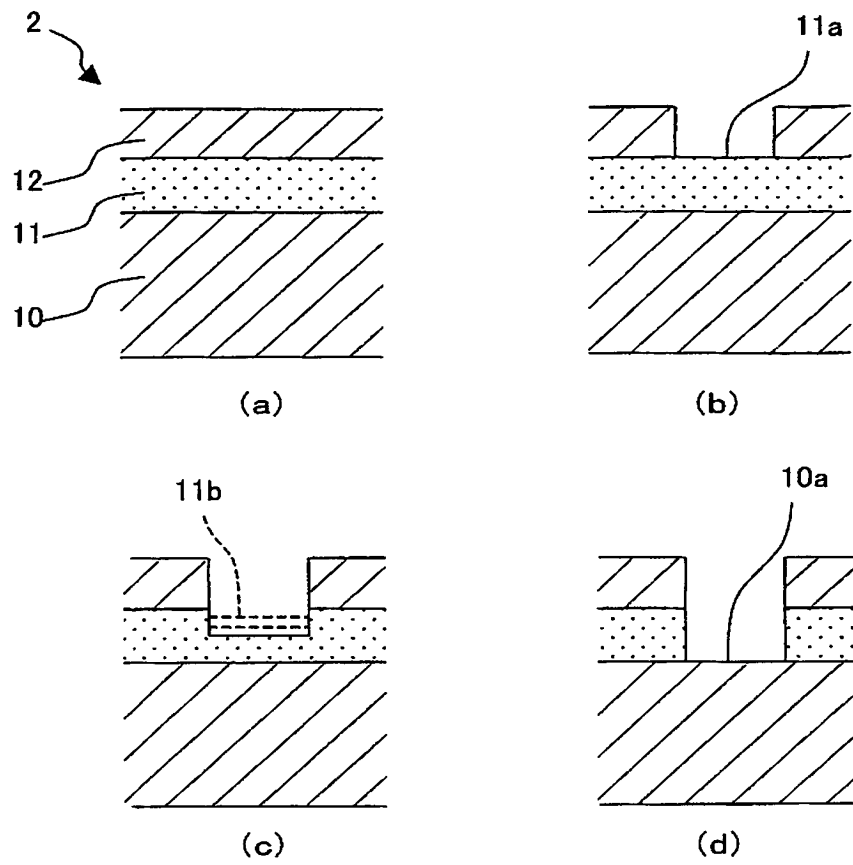
11 BOX層 (埋め込みシリコン酸化膜、母材)

【書類名】 図面

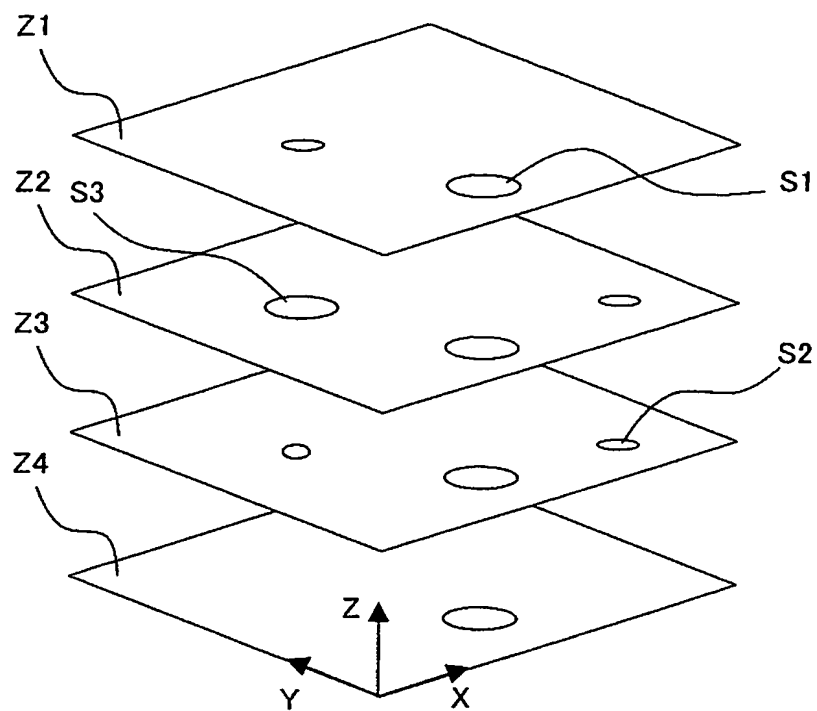
【図 1】



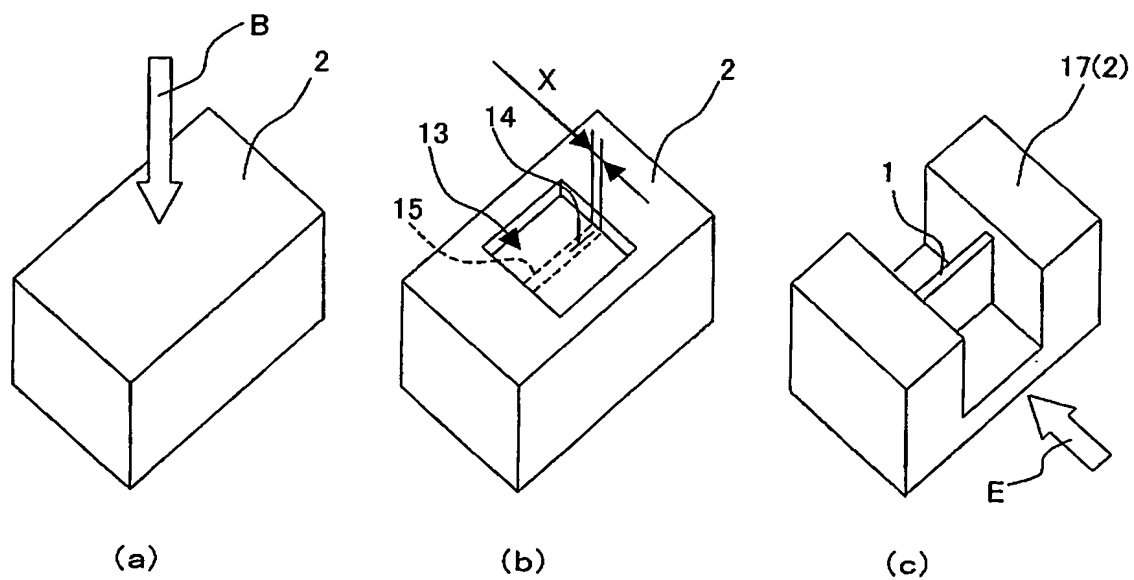
【図 2】



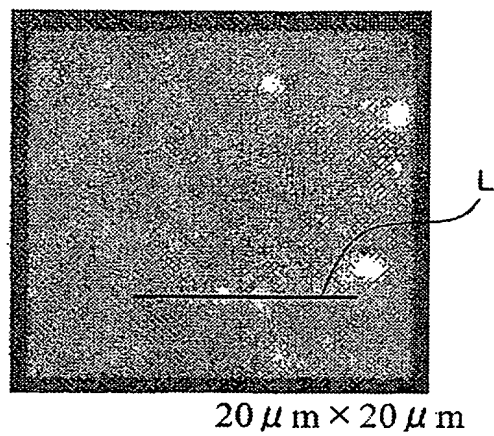
【図 3】



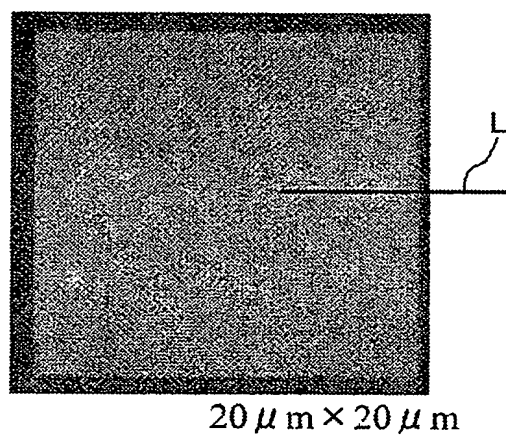
【図 4】



【図 5】

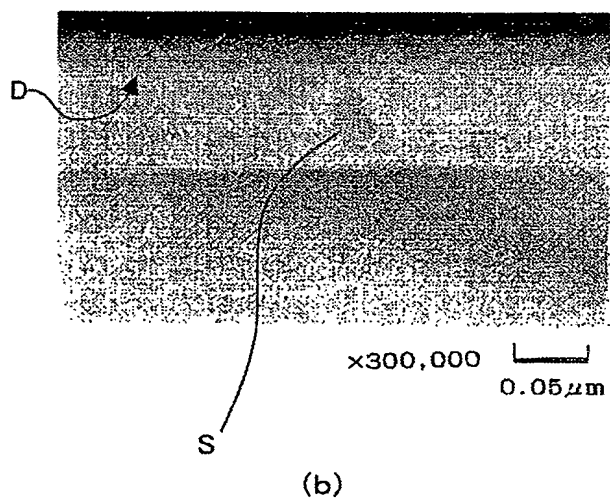
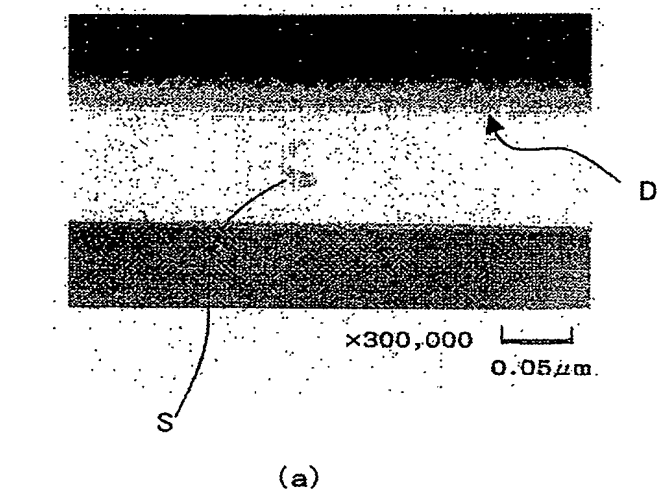


(a)



(b)

【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 S O I ウェーハ（被検査体）内の埋め込みシリコン酸化膜（母材）に内在している欠陥（導電体）を正確に測定することのできる検査方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 被検査体 2 に形成されている絶縁性を有する母材 1 1 に内在している導電体を測定して被検査体 2 の内部状態を検査する検査方法において、まず、母材 1 1 の検査部分の表面にイオンまたは電子を照射して、表面 1 1 a および表面付近から放出される 2 次電子による表面画像の撮影を行うとともに、検査部分をエッチングし、エッチングされた深さだけ下部の順次更新された表面 1 1 b および表面付近から放出される 2 次電子による表面画像の撮影を行って、蓄積された表面画像に基づいて母材 1 1 に内在する導電体を測定して被検査体 2 の内部状態を検査することを特徴とする。

【選択図】 図 2



特願 2003-026540

出願人履歴情報

識別番号

[302006854]

1. 変更年月日

2002年 1月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝浦一丁目2番1号

氏 名

三菱住友シリコン株式会社